

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
4. April 2002 (04.04.2002)

PCT

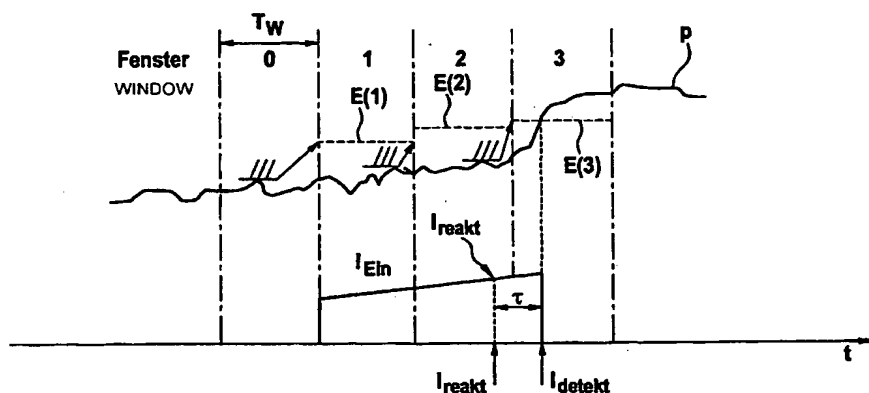
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 02/26540 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **B60T 8/36**, [DE/DE]; Guerickestrasse 7, 60488 Frankfurt am Main (DE).  
13/68, G05D 16/20
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP01/11162
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
26. September 2001 (26.09.2001)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
100 49 150.2 27. September 2000 (27.09.2000) DE  
101 42 040.4 28. August 2001 (28.08.2001) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **CONTINENTAL TEVES AG & CO. OHG**
- (72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **GIERS, Bernhard** [DE/DE]; Kaiser Sigmund Strasse 60, 60320 Frankfurt am Main (DE). **SCHMIDT, Robert** [DE/DE]; Bahnhofstrasse 14, 56477 Rennerod (DE). **BÖHM, Jürgen** [DE/DE]; Im Bangert 8, 65558 Oberneisen (DE). **ULLRICH, Thorsten** [DE/DE]; Alsbacher Strasse, 64579 Gernsheim (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).
- Veröffentlicht:  
— mit internationalem Recherchenbericht

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND CONTROL SYSTEM FOR CONTROLLING AN ELECTRONICALLY REGULATED BRAKE ACTUATING SYSTEM

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND REGELSYSTEM ZUR ANSTEUERUNG EINES ELEKTRONISCH REGELBAREN BREMSBETÄTIGUNGSSYSTEMS



WO 02/26540 A1

(57) Abstract: The invention relates to a method in addition to control systems for controlling an electronically regulated brake actuating system in a vehicle, comprising a depressurised pressure-medium container, and at least one pressure source which can be controlled by an electronic control unit, said pressure source being used to exert pressure on the wheel brakes of the vehicle. Pressure sensors and pressure control valves are associated with the wheel brakes of the vehicle. Said sensors and valves can be controlled in an analog manner by means of an electric variable according to the pressure differential between them and selectively connect the wheel brakes to the pressure source or pressure medium container. In order to adapt the relation between the electric variable and the pressure differential with respect to manufacture spread and the effects of ageing together with changing environmental conditions the electric variable  $I_{\text{ein}}$  in the pressure control valve to be identified is slowly modified in the pressure maintenance phase, until a noticeable change of pressure occurs in the wheel brake associated with the pressure control valve, whereupon a correction of the relation between the electric variable and the pressure differential is carried out. Alternatively, the frequency of the control processes of the pressure control valve is taken into account.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

---

**(57) Zusammenfassung:** Es werden Verfahren sowie Regelsysteme zur Ansteuerung eines elektronisch regelbaren Bremsbetätigungssystems für Kraftfahrzeuge vorgeschlagen, mit einem drucklosen Druckmittelvorratsbehälter, mit mindestens einer durch eine elektronische Steuereinheit ansteuerbaren Druckquelle, mit deren Druck Radbremsen des Fahrzeuges beaufschlagbar sind, denen Drucksensoren sowie Druckregelventile zugeordnet sind, die in Abhängigkeit von dem an ihnen anliegenden Differenzdruck mittels einer elektrischen Größe analog ansteuerbar sind und die die Radbremsen wahlweise mit der Druckquelle oder mit dem Druckmittelvorratsbehälter verbinden. Um eine Anpassung der Abhängigkeit zwischen der elektrischen Größe und dem Differenzdruck an Fertigungsstreuungen und Alterungseffekte, sowie veränderliche Umgebungsbedingungen zu ermöglichen, wird vorgeschlagen, daß die elektrische Größe I Ein bei dem zu identifizierenden Druckregelventil in der Druckhaltephase langsam variiert wird, bis eine erkennbare Druckänderung in der dem Druckregelventil zugeordneten Radbremse erfolgt, wonach eine Korrektur der Abhängigkeit der elektrischen Größe von dem Differenzdruck durchgeführt wird. Alternativ wird die Häufigkeit der Aussteuervorgänge der Druckregelventile berücksichtigt.

## **Verfahren und Regelsystem zur Ansteuerung eines elektronisch regelbaren Bremsbetätigungssystems**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ansteuerung eines elektronisch regelbaren Bremsbetätigungssystems für Kraftfahrzeuge, mit einem drucklosen Druckmittelvorratsbehälter, mit mindestens einer durch eine elektronische Steuereinheit ansteuerbaren Druckquelle, mit deren Druck Radbremsen des Fahrzeuges beaufschlagbar sind, denen Drucksensoren sowie Druckregelventile (Einlaßventil; Auslaßventil) zugeordnet sind, die in Abhängigkeit von dem an ihnen anliegenden Differenzdruck mittels einer elektrischen Größe analog ansteuerbar sind und die die Radbremsen in einer Druckaufbauphase mit der Druckquelle verbinden, in einer Druckhaltephase geschlossen sind bzw. geschlossen werden und in einer Druckabbauphase die Radbremsen mit dem Druckmittelvorratsbehälter verbinden.

Ein derartiges Bremsbetätigungssystem ist zum Beispiel aus der EP 0 832 019 B1 bekannt. Die den Radbremsen zugeordneten Druckregelventile des vorbekannten Bremsbetätigungssystems sind als paarweise angeordnete elektromagnetisch analog ansteuerbare Ventile nach Sitzventilbauart ausgeführt, von denen die in der Verbindung zwischen der Druckquelle und den Radbremsen geschalteten Einlaßventile als stromlos geschlossene Sitzventile ausgebildet sind und in seiner geschlossenen Schaltstellung eine Druckbegrenzungsfunktion erfüllen, während

- 2 -

die in der Verbindung zwischen den Radbremsen und dem Druckmittelvorratsbehälter geschalteten Auslaßventile als stromlos offene Ventile ausgebildet sind, die in ihrer offenen Schaltstellung die Verbindung freigeben und in ihrer geschlossenen Schaltstellung absperren.

Die vorhin erwähnte Veröffentlichung läßt jedoch keine Maßnahmen erkennen, die eine Anpassung der Ansteuercharakteristik der Druckregelventile an Fertigungsstreuungen und Alterungseffekte, sowie veränderliche Umgebungsbedingungen, ermöglichen.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Verfahren zur Ansteuerung eines elektronisch regelbaren Bremsbetätigungssystems der eingangs genannten Gattung sowie Regelsysteme vorzuschlagen, die die gleichbleibende Qualität der Druckregelung garantieren, indem sie eine zuverlässige Anpassung der Ansteuercharakteristik der Druckregelventile an störende Einflüsse ermöglichen, die deren einwandfreie Funktion beeinträchtigen.

Diese Aufgabe wird gemäß einem ersten Verfahren dadurch gelöst, daß die elektrische Größe bei dem zu identifizierenden Druckregelventil (Einlaßventil; Auslaßventil) in der Druckhaltephase langsam variiert wird, bis eine erkennbare Druckänderung in der dem Druckregelventil zugeordneten Radbremse erfolgt, wonach eine Korrektur der Abhängigkeit der elektrischen Größe von dem Differenzdruck durchgeführt wird.

Zur Konkretisierung des Erfindungsgedankens ist vorgesehen, daß die Druckregelventile (Einlaßventil; Auslaßventil) als im Ruhezustand geschlossene Ventile ausgeführt sind und daß die Variation der elektrischen Ansteuergröße eine Erhöhung ist, die

- 3 -

von einem Wert ausgeht, der unterhalb des Wertes liegt, der für das Öffnen des Druckregelventils (Einlaßventil; Auslaßventil) erforderlich ist.

Eine andere Alternative besteht darin, daß die dem Druckabbau dienenden Druckregelventile (Auslaßventile) als im Ruhezustand offene Ventile ausgeführt sind und daß die Variation der elektrischen Ansteuergröße eine Absenkung ist, die von einem Wert ausgeht, der oberhalb des Wertes liegt, der für das Halten des Druckregelventils (Auslaßventil) im geschlossenen Zustand erforderlich ist.

Dabei ist es besonders sinnvoll, wenn die Variation der elektrischen Größe in bestimmten Fahrsituationen, beispielsweise beim Fahrzeugstillstand, in einem bestimmten Bereich der Fahrzeuggeschwindigkeit, bei einer geringen Änderungsgeschwindigkeit eines Raddrucksollwertes, oder bei einer Mindestdauer der Druckhaltephase erfolgt. Die Variation der elektrischen Ansteuergröße wird abgebrochen, wenn die Differenz aus Solldruck und Istdruck einen vorgegebenen Toleranzbereich verläßt, dessen Grenzen in Abhängigkeit von der Fahrzeuggeschwindigkeit festgelegt werden.

Nach einem weiteren vorteilhaften Erfindungsmerkmal sind die Druckregelventile als elektromagnetisch ansteuerbare Ventile ausgeführt und die elektrische Größe ist ein dem elektromagnetischen Antrieb zuzuführender elektrischer Strom, oder die Druckregelventile sind als piezoelektrisch ansteuerbare Ventile ausgeführt und die elektrische Größe ist eine dem Piezoantrieb zuzuführende elektrische Spannung.

Eine sinnvolle Weiterbildung des Erfindungsgedankens besteht darin, daß der Druckverlauf in der dem Druckregelventil zugeordneten Radbremse während der Variation der elektrischen

Größe zyklisch in einem Zeitfenster beobachtet wird und jeweils der maximale bzw. minimale Druckwert ermittelt wird, der wiederum zur Ermittlung einer Erkennungsschwelle für die Druckänderung am Ausgang bzw. Eingang des dem Druckaufbau bzw. dem Druckabbau dienenden Druckregelventils herangezogen wird.

Dabei wird vorzugsweise bei einem dem Druckaufbau dienenden Druckregelventil eine Erkennungsschwelle  $E$  im Fenster  $i$  gemäß der Formel

$$E = \text{Max}(p) \mid \text{Fenster } (i-1) + \epsilon \text{ festgelegt,}$$

wobei  $\epsilon$  ein die Ventilleckage sowie Störungen des den Druckverlauf erfassenden Drucksensors berücksichtigender Verfahrensparameter ist.

Beim Überschreiten der Erkennungsschwelle durch den Druckwert am Ausgang des Druckregelventils zu einem Zeitpunkt  $t_{\text{detekt}}$  wird auf das Öffnen des Druckregelventils (Einlaßventil) geschlossen.

Bei einem dem Druckabbau dienenden Druckregelventil wird dagegen eine Erkennungsschwelle  $E$  im Fenster  $i$  gemäß der Formel

$$E = \text{Max}(p) \mid \text{Fenster } (i-1) - \epsilon \text{ festgelegt,}$$

wobei  $\epsilon$  ein die Ventilleckage sowie Störungen des den Druckverlauf erfassenden Drucksensors berücksichtigender Verfahrensparameter ist.

Beim Unterschreiten der Erkennungsschwelle durch den Druckwert am Eingang des Druckregelventils zu einem Zeitpunkt  $t_{\text{detekt}}$  wird auf das Öffnen des Druckregelventils (Auslaßventil) geschlossen.

- 5 -

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird zum Zeitpunkt ( $t_{\text{detekt}}$ ) der Über- bzw. Unterschreitung der Erkennungsschwelle durch den Druckwert am Ausgang des dem Druckaufbau dienenden Druckregelventils (Einlaßventil) bzw. am Eingang des dem Druckabbau dienenden Druckregelventils (Auslaßventil) ein Zeitpunkt gemäß der Formel

$$t_{\text{reakt}} = t_{\text{detekt}} - \tau$$

berechnet, wobei  $\tau$  den zeitlichen Versatz zwischen der durch die Ansteuerung hervorgerufenen Reaktion des Druckregelventils und der Erkennung dieser Reaktion anhand der Druckänderung bezeichnet.

Der zeitliche Versatz wird vorzugsweise abhängig von einem die Viskosität des Druckmittels charakterisierenden Signals festgelegt.

Nach einem weiteren vorteilhaften Erfindungsmerkmal erfolgt die Korrektur der Abhängigkeit des Ansteuerstromes  $I(\Delta p)$  vom Differenzdruck ( $\Delta p$ ) insbesondere bei elektromagnetisch ansteuerbaren Ventilen nach der Formel

$$I(\Delta p)^{\text{neu}} = I(\Delta p)^{\text{alt}} \cdot (1 - \lambda) + \lambda \cdot I_{\text{reakt}},$$

wobei  $I_{\text{reakt}}$  den der Druckänderung in der dem Druckregelventil zugeordneten Radbremse entsprechenden Ansteuerstromwert im Zeitpunkt ( $t_{\text{reakt}}$ ),  $I(\Delta p)^{\text{alt}}$  den Wert der Abhängigkeit des Ansteuerstromes  $I_0(\Delta p)$  vom Differenzdruck ( $\Delta p$ ) im aktuellen Betriebspunkt ( $\Delta p$ ) vor der Durchführung der Korrektur (Adaption) und  $I(\Delta p)^{\text{neu}}$  den Wert der Abhängigkeit des Ansteuerstromes  $I_0(\Delta p)$  vom Differenzdruck ( $\Delta p$ ) nach der Durchführung der (Adaption) bezeichnen. Die Adaptionsrate  $\lambda$  ist hierbei aus dem Intervall  $(0, 1]$  zu wählen.

Bei piezoelektrisch ansteuerbaren Ventilen erfolgt die Korrektur der Abhängigkeit der anzulegenden Spannung  $U_0(\Delta p)$  vom Differenzdruck  $(\Delta p)$  nach der Formel

$$U(\Delta p)^{neu} = U(\Delta p)^{alt} \cdot (1-\lambda) + \lambda \cdot U_{reakt},$$

wobei  $U_{reakt}$  den der Druckänderung in der dem Druckregelventil zugeordneten Radbremse entsprechenden Ansteuerspannungswert im Zeitpunkt  $(t_{reakt})$ ,  $U(\Delta p)^{alt}$  den Wert der Abhängigkeit der Ansteuerspannung  $U(\Delta p)$  vom Differenzdruck  $(\Delta p)$  im aktuellen Betriebspunkt  $(\Delta p)$  vor der Durchführung der Korrektur (Adaption) und  $U(\Delta p)^{neu}$  den Wert der Abhängigkeit der Ansteuerspannung  $U(\Delta p)$  vom Differenzdruck  $(\Delta p)$  nach der Durchführung der Korrektur (Adaption) bezeichnen, wobei die Adaptionsrate  $\lambda$  aus dem Intervall  $(0, 1]$  zu wählen ist.

Gemäß einem zweiten Verfahren wird die vorhin gestellte Aufgabe dadurch gelöst, daß die Häufigkeit der Ansteuervorgänge des Druckregelventils (Einlaßventil; Auslaßventil) ermittelt und nach Maßgabe eines in der Radbremse einzusteuernenden Solldruckverlaufs zur Korrektur bzw. Absenkung der Abhängigkeit der elektrischen Größe von dem Differenzdruck herangezogen wird. Dieses Verfahren, das nur auf die Absenkung der Ansteuercharakteristik begrenzt ist, kann auch außerhalb von Druckhaltephasen angewandt werden.

Dabei ist es besonders sinnvoll, wenn bei steigendem bzw. konstantem Solldruckverlauf die Zahl der Ansteuervorgänge des dem Druckabbau dienenden Druckregelventils (Auslaßventil) ermittelt wird, wobei beim Überschreiten eines Schwellenwertes auf eine zu starke Ansteuerung des dem Druckaufbau dienenden Druckregelventils (Einlaßventil) geschlossen wird, bzw. wenn bei fallendem bzw. konstantem Solldruckverlauf die Zahl der



Ansteuervorgänge des dem Druckaufbau dienenden Druckregelventils (Einlaßventil) ermittelt wird, und daß beim Überschreiten eines Schwellenwertes auf eine zu starke Ansteuerung des dem Druckabbau dienenden Druckregelventils (Auslaßventil) geschlossen wird.

Nach einem weiteren vorteilhaften Erfindungsmerkmal wird die ermittelte Zahl ( $N_{Ab}$ ,  $N_{Auf}$ ) mit einem maximal zugelassenen Zahlenwert ( $N_{Ab}^*$ ,  $N_{Auf}^*$ ) verglichen, der nach der Formel

$N_{Ab}^* = f_B \cdot T_{Auf}$  bzw.  $N_{Auf}^* = f_B \cdot T_{Ab}$  gebildet wird, wobei

$f_B$  eine maximal zugelassene Ansteuerungsfrequenz und  $T_{Auf}$ ,  $T_{Ab}$  die Dauer der Anstiegs- bzw. Abfallphase des Solldruckverlaufs bezeichnen. Beim Überschreiten des maximal zugelassenen Zahlenwertes ( $N_{Ab}^*$ ,  $N_{Auf}^*$ ) wird auf eine zu starke Ansteuerung des dem Druckanstieg- bzw. -abfall dienenden Druckregelventils (Einlaßventil, Auslaßventil) geschlossen.

Weitere vorteilhafte Merkmale des zweiten erfindungsgemäßen Verfahrens sind den Unteransprüchen 26 bis 29 zu entnehmen.

Ein erfindungsgemäßes Regelsystem zur Durchführung der vorhin erwähnten Verfahren zeichnet sich dadurch aus, daß ein Druckregler vorgesehen ist, dem als Eingangsgrößen ein Druck-Sollwert, mit dem eine der Radbremsen des Fahrzeuges zu beaufschlagen ist, ein Druck-Istwert, mit dem eine der Radbremsen des Fahrzeuges beaufschlagt ist, sowie der an dem betrachteten Druckregelventil anliegende hydraulische Differenzdruckwert zugeführt werden und dessen Ausgangsgröße der Sollwert der zur Ansteuerung des Druckregelventils verwendeten elektrischen Größe ist, und daß Mittel zur

Korrektur (Adaption) der Abhängigkeit der elektrischen Größe von dem Differenzdruckwert vorgesehen sind.

Außerdem ist es besonders vorteilhaft, wenn der Druckregler aus einem linearen Regler, einem Vorsteuermodul sowie einem Korrekturmodul besteht, wobei dem linearen Regler als Eingangsgröße die aus Druck-Sollwert und Druck-Istwert gebildete Regelabweichung zugeführt wird, während dem Vorsteuermodul ein den an dem betrachteten Druckregelventil anliegenden hydraulischen Differenzdruck repräsentierendes Signal zugeführt wird, wobei das Vorsteuermodul einen Vorsteuerwert der zur Ansteuerung des Druckregelventils verwendeten elektrischen Größe erzeugt, der dem Öffnungspunkt des Druckregelventils entspricht und der zu der Ausgangsgröße des linearen Reglers zur Bildung des Sollwerts der zur Ansteuerung des Druckregelventils verwendeten elektrischen Größe hinzuaddiert wird und wobei dem Korrekturmodul als Eingangsgrößen der Druck-Istwert sowie der Differenzdruck zugeführt werden und dessen Ausgangsgröße ( $K_1, K_2$ ) das Verhalten des Vorsteuermoduls beeinflusst.

Die Ausgangsgröße ( $K_1$ ) des Korrekturmoduls wird vorzugsweise als Differenz:

$$K_1 = I(\Delta p)^{\text{neu}} - I(\Delta p)^{\text{alt}} \text{ bzw.}$$

$$K_1 = U(\Delta p)^{\text{neu}} - U(\Delta p)^{\text{alt}} \quad \text{definiert, wobei}$$

$I(\Delta p)^{\text{alt}}$  bzw.  $U(\Delta p)^{\text{alt}}$  den Wert der Abhängigkeit der elektrischen Ansteuergröße  $I(\Delta p)$  bzw.  $U(\Delta p)$  vom Differenzdruck ( $\Delta p$ ) im aktuellen Betriebspunkt ( $\Delta p$ ) vor der Durchführung der Korrektur (Adaption) und  $I(\Delta p)^{\text{neu}}$  bzw.  $U(\Delta p)^{\text{neu}}$  den Wert der elektrischen Ansteuergröße  $I(\Delta p)$  bzw.  $U(\Delta p)$  vom Differenzdruck ( $\Delta p$ ) nach der Durchführung der Korrektur (Adaption) bezeichnen.

Schließlich ist bei einem Regelsystem zur Durchführung des zweiten erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, daß dem Korrekturmodul zusätzlich als Eingangsgröße der Druck-Sollwert ( $P_{\text{Soll}}$ ) zugeführt wird und daß seine Ausgangsgröße  $K_2 = -\Delta I$  aus dem Vergleich der ermittelten Zahl der Ansteuervorgänge ( $N_{\text{Ab}}, N_{\text{Auf}}$ ) mit einem maximal zugelassenen Zahlenwert ( $N_{\text{Ab}}^*, N_{\text{Auf}}^*$ ) abgeleitet wird, wobei beim Überschreiten des maximal zugelassenen Zahlenwertes ( $N_{\text{Ab}}^*, N_{\text{Auf}}^*$ ) die Abhängigkeit der elektrischen Größe abgesenkt wird.

Die Erfindung wird in der nachfolgenden Beschreibung an einem Ausführungsbeispiel unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

- Fig. 1      ein vereinfachtes Schaltbild eines Bremsbetätigungssystems, bei dem das erfindungsgemäße Verfahren verwendet werden kann,
  
- Fig. 2      eine diagrammatische Darstellung des Radbremsdruckverlaufs zur Ermittlung eines Schwellenwertes für ein elektromagnetisch betätigbares, dem Druckaufbau dienendes Druckregelventil;
  
- Fig. 3      eine diagrammatische Darstellung des Radbremsdruckverlaufs zur Ermittlung eines Schwellenwertes für ein elektromagnetisch betätigbares, dem Druckabbau dienendes Druckregelventil;
  
- Fig. 4      den Aufbau eines Druckreglers zur Durchführung des erstgenannten erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 5 den Aufbau eines Druckreglers zur Durchführung des zweitgenannten erfindungsgemäßen Verfahrens; und

Fig. 6 eine Darstellung der Funktion des in Fig. 4 gezeigten Vorsteuermoduls.

Das in Fig. 1 dargestellte, elektronisch regelbare Bremsbetätigungssystem besteht aus einem mittels eines Betätigpedals 1 betätigbaren, zweikreisigen Hauptbremszylinder bzw. Tandemhauptzylinder 2, der mit einem Pedalwegsimulator 3 zusammenwirkt sowie zwei voneinander getrennte Druckräume aufweist, die mit einem drucklosen Druckmittelvorratsbehälter 4 in Verbindung stehen. An den ersten Druckraum (Primärdruckraum) sind mittels einer absperrbaren ersten hydraulischen Leitung 5 beispielsweise der Vorderachse zugeordnete Radbremsen 7, 8 angeschlossen. Das Absperren der Leitung 5 erfolgt mittels eines ersten Trennventils 11, während in einem zwischen den Radbremsen 7, 8 geschalteten Leitungsabschnitt 12 ein elektromagnetisch betätigbares, vorzugsweise stromlos offenes (S0) Druckausgleichsventil 13 eingefügt ist, das bei Bedarf eine radindividuelle Bremsdruckregelung ermöglicht.

Der zweite Druckraum des Hauptbremszylinders 2, an den ein Drucksensor 15 angeschlossen sein kann, ist über eine mittels eines zweiten Trennventils 14 absperrbare zweite hydraulische Leitung 6 mit dem anderen, der Hinterachse zugeordneten Radbremsenpaar 9, 10 verbindbar. In einem zwischen den Radbremsen 9, 10 geschalteten Leitungsabschnitt 16 ist wieder ein elektromagnetisch betätigbares, vorzugsweise stromlos offenes (S0) Druckausgleichsventil 19 eingefügt. Da der Aufbau des an den zweiten Druckraum des Hauptbremszylinders 2

- 11 -

angeschlossenen hydraulischen Kreises identisch dem des in der vorstehenden Beschreibung erläuterten Bremskreises 11 entspricht, braucht er im nachfolgenden Text nicht mehr erörtert zu werden.

Wie der Zeichnung weiter zu entnehmen ist, ist ein als Fremddruckquelle dienendes Motor-Pumpen-Aggregat 20 mit einem Hochdruckspeicher 21 vorgesehen, das seinerseits aus einer mittels eines Elektromotors 22 angetriebenen Pumpe 23 sowie einem der Pumpe 23 parallel geschalteten Druckbegrenzungsventil 24 besteht. Die Saugseite der Pumpe 23 ist über ein Druckbegrenzungsventil 24 an den vorhin erwähnten Druckmittelvorratsbehälter 4 angeschlossen. Der von der Pumpe 23 aufgebraachte hydraulische Druck wird von einem nicht dargestellten Drucksensor überwacht oder durch Schätzung ermittelt.

Eine dritte hydraulische Leitung 26 verbindet den Hochdruckspeicher 21 mit den Eingangsanschlüssen von zwei elektromagnetisch analog ansteuerbaren, stromlos geschlossenen 2/2-Wegeventilen 17, 18, die als Einlaßventile den Radbremsen 7 und 8 vorgeschaltet sind. Außerdem sind die Radbremsen 7, 8 über je ein elektromagnetisch analog ansteuerbares, stromlos geschlossenes 2/2-Wegeventil bzw. Auslaßventil 27, 28 an eine vierte hydraulische Leitung 29 angeschlossen, die andererseits mit dem drucklosen Druckmittelvorratsbehälter 4 in Verbindung steht. Der in den Radbremsen 7, 8 herrschende hydraulische Druck wird mit Hilfe je eines Drucksensors 30, 31 ermittelt.

Der gemeinsamen Ansteuerung des Motor-Pumpen-Aggregats 20 sowie der Elektromagnetventile 11, 13, 14, 17, 18, 19, 27, 28 dient eine elektronische Steuereinheit 32, der als Eingangssignale die Ausgangssignale eines mit dem Betätigungspedal 1 zusammenwir-

kenden Betätigungswegsensors 33 sowie des vorhin erwähnten Drucksensors 15 zugeführt werden und die eine Fahrer verzögerungswunscherkennung ermöglichen. Zur Fahrer verzögerungswunscherkennung können jedoch auch andere Mittel, beispielsweise ein die Betätigungskraft am Betätigungspedal 1 sensierender Kraftsensor verwendet werden. Als weitere Eingangsgrößen werden der elektronischen Steuereinheit 32 die Ausgangssignale der Drucksensoren 30, 31 sowie die der Geschwindigkeit des Fahrzeuges entsprechenden Ausgangssignale von lediglich schematisch angedeuteten Radsensoren zugeführt, wobei die den Radbremsen 7, 8 zugeordneten Radsensoren mit den Bezugszeichen 34, 35 versehen sind.

Es ist allgemein bekannt, daß die der Ansteuerung der vorhin erwähnten Ein- (17, 18) und Auslaßventile 27, 28 dienende elektrische Größe, im dargestellten Ausführungsbeispiel der elektrische Strom, von dem am zu identifizierenden Druckregelventil anliegenden hydraulischen Differenzdruck, der im nachfolgenden Text mit  $\Delta p$  bezeichnet wird, abhängig ist.

Zur Anpassung der Abhängigkeit zwischen dem elektrischen Strom und dem Differenzdruck, der sog. Ansteuercharakteristik der Druckregelventile an störende Einflüsse, wie Fertigungsstreuungen und Alterungseffekte, sowie veränderliche Umgebungsbedingungen werden die erfindungsgemäßen Verfahren verwendet, deren Durchführung im nachfolgenden Text im Zusammenhang mit Fig. 2 - 6 erläutert wird. Dabei ist zu berücksichtigen, daß das erste Verfahren nur während der sog. Druckhaltephase anwendbar ist, in der sämtliche Druckregelventile 17, 18, 27, 28 geschlossen sind bzw. geschlossen werden. Es wird davon ausgegangen, daß, wie vorhin beschrieben wurde, alle Druckregelventile 17, 18, 27, 28 als,

stromlos geschlossene 2/2-Wegeventile ausgeführt sind, die mittels eines elektromagnetischen Antriebs analog ansteuerbar sind. Dementsprechend wird die Ansteuerungscharakteristik der Ventile, d.h. die Abhängigkeit des dem elektromagnetischen Antrieb zuzuführenden elektrischen Stroms von dem am Einlaß- (17,18) bzw. am Auslaßventil (27,28) anliegenden hydraulischen Differenzdruck  $\Delta p$ , (die in der vorhin erwähnten elektronischen Steuereinheit 32 abgelegt ist), wie folgt korrigiert bzw. angepaßt:

Für jedes zu identifizierende Druckregelventil, beispielsweise das Einlaßventil 17 (Fig. 1) wird der Druckverlauf  $p(t)$  in der diesem Einlaßventil 17 zugeordneten Radbremse 7 mittels des Drucksensors 30 zyklisch in einem Zeitfenster  $T_w$  (s. Fig. 2) beobachtet und jeweils der maximale Signalwert in diesem Zeitraum ermittelt. Zu dem ermittelten Maximalwert wird ein Verfahrensparameter  $\epsilon$  hinzuaddiert, der eine am Ventil 17 auftretende Leckage sowie Störungen des Drucksensors 30 berücksichtigt. Dadurch werden in den einzelnen Zeitfenstern  $i$  ( $i = 0, 1, 2, 3, \dots$ ) Schwellenwerte  $E_1, E_2, E_3 \dots$  gemäß der folgenden Formel festgelegt :

$$E = \text{Max}(p) \mid \text{Fenster } (i-1) + \epsilon$$

Es wird nun angenommen, daß im Zeitpunkt  $t_0$  (s. Fig. 2) eine bestimmte Fahrsituation, beispielsweise ein Fahrzeugstillstand, auftritt und eine Druckhaltephase ( $\Delta p = 0$ ) erkannt wird. In diesem Zeitpunkt wird der elektromagnetischen Antrieb des Einlaßventils 17 bestromt und der Strom  $I_{\text{Ein}}$  langsam erhöht, wobei in jedem Zeitfenster 1, 2, 3, ... der Druckverlauf mit dem vorhin erwähnten, ermittelten Schwellenwert  $E_1, E_2, E_3 \dots$  verglichen wird. Wird der Schwellenwert  $E_3$  (im Zeitfenster 3) bei der Ansteuerung des Einlaßventils 17 im Zeitpunkt  $t_{\text{detect}}$

überschritten, so wird eine Druckänderung erkannt und eine Korrektur der Ansteuercharakteristik für den aktuellen Betriebspunkt  $\Delta p$  vorgenommen. Als Korrekturwert wird der zum Zeitpunkt  $t_{\text{reakt}} = t_{\text{detect}} - \tau$  eingestellte Ansteuerstromwert  $I_{\text{reakt}}$  herangezogen, wobei der Wert  $\tau$  die erwartete Reaktionszeit des Systems Einlaßventil/Radbremse angibt. Sofern die Temperatur der hydraulischen Komponenten erfaßt wird, kann die Temperaturabhängigkeit der Reaktionszeit berücksichtigt werden. Die Korrektur der Ansteuercharakteristik  $I(\Delta p)$  anhand des zum Zeitpunkt  $t_{\text{reakt}}$  eingestellten Wertes des Ansteuerstroms  $I_{\text{reakt}}$  erfolgt vorzugsweise nach einer Adaptionvorschrift der Form

$$I(\Delta p)^{\text{neu}} = I(\Delta p)^{\text{alt}} \cdot (1-\lambda) + \lambda \cdot I_{\text{reakt}}$$

wobei die Adaptionsrate  $\lambda$  aus dem Intervall  $(0, 1]$  zu wählen ist. Kleine Werte  $\lambda$  führen zu einer größeren Robustheit gegenüber Fehlmessungen, Werte  $\lambda$  nahe 1 bewirken eine schnellere Adaption der gespeicherten Ansteuercharakteristik an das beobachtete Ventilverhalten. Bei der Formulierung der Adaptionvorschrift bezeichnet  $I(\Delta p)^{\text{alt}}$  den Wert der Ansteuercharakteristik  $I(\Delta p)$  im aktuellen Betriebspunkt  $\Delta p$  vor der Durchführung der Adaption, während  $I(\Delta p)^{\text{neu}}$  den Wert nach der Adaption bezeichnet.

Das erfindungsgemäße Verfahren wurde im Zusammenhang mit einem dem Druckaufbau dienenden Einlaßventil beschrieben, das mittels eines durch elektrischen Strom ansteuerbaren elektromagnetischen Antriebs betätigt wird. Die beschriebene Vorgehensweise kann jedoch selbstverständlich auch bei elektromagnetisch betätigbaren, dem Druckabbau dienenden Auslaßventil verwendet werden. Eine entsprechende, vereinfachte



Darstellung ist in Fig. 3 gezeigt. Das Verfahren kann ebenfalls analog bei Druckregelventilen angewandt werden, die mittels eines Piezoantriebs angesteuert werden. In diesem Fall ist dann die das Ist-Verhalten der Piezoventile beeinflussende Größe die an den Piezoantrieb anzulegende Spannung.

Das zweite erfindungsgemäße Verfahren besteht im wesentlichen in einer Absenkung der Ansteuercharakteristik bei grenzstabilem Regelkreisverhalten. Die beschriebene Methode dient der Erkennung grenzstabiler Zustände des Druckregelkreises, die durch eine zu hoch eingestellte Ansteuercharakteristik  $I(\Delta p)$  bzw.  $U(\Delta p)$  verursacht werden, wobei die Methode auch außerhalb der vorhin erwähnten Druckhaltephase angewandt werden kann. Unter dem Begriff Grenzstabilität wird hierbei ein häufiger Wechsel von Ansteuervorgängen der Ein- und Auslaßventile bei konstantem, monoton steigendem oder monoton fallendem Solldruck verstanden. Dieses Verhalten ist mit einem um den Solldruckwert schwingenden Radbremsendruck verbunden.

Die Erkennung der beschriebenen Situation und die Zuordnung zur Ansteuerung des Ein- und Auslaßventils basiert auf der folgenden Grundidee:

Die Häufigkeit der Auslaßventil-Ansteuervorgänge bei steigendem bzw. konstantem Solldruckwert ist ein Indikator für eine zu starke Ansteuerung des Einlaßventils, während die Häufigkeit der Einlaßventil-Ansteuervorgänge bei fallendem bzw. konstantem Solldruckwert ein Indikator für eine zu starke Ansteuerung des Auslaßventils ist. Zur Ausnutzung dieser Zusammenhänge werden Druckanstiegs- und -abfallphasen innerhalb des Solldruckverlaufs anhand dessen zeitlicher Änderung klassifiziert, wobei die Dauer der Druckanstiegsphase mit  $T_{\text{Auf}}$  und die Dauer der Druckabfallphase mit  $T_{\text{Ab}}$  bezeichnet werden.

Während einer Druckanstiegsphase ( $T_{Auf}$ ) wird die Zahl ( $N_{Ab}$ ) der Ansteuervorgänge des dem Druckabbau dienenden Auslaßventils 27,28) ermittelt. Ähnlich wird während einer Druckabfallphase ( $T_{Ab}$ ) die Zahl ( $N_{Auf}$ ) der Ansteuervorgänge des dem Druckaufbau dienenden Einlaßventils 17,18 ermittelt.

Am Ende der jeweiligen Phase wird die ermittelte Zahl  $N_{Ab}$  bzw.  $N_{Auf}$  der Ansteuervorgänge mit einem maximal zugelassenen Zahlenwert ( $N_{Ab}^*$ ,  $N_{Auf}^*$ ) verglichen, für den die folgenden Gleichungen gelten:

$$N_{Ab}^* = f_B \cdot T_{Auf} \text{ und } N_{Auf}^* = f_B \cdot T_{Ab} \text{ , wobei}$$

$f_B$  eine maximal zugelassene Ansteuerungsfrequenz bezeichnet. Die parametrierbare Ansteuerungsfrequenz  $f_B$  berücksichtigt die Tatsache, daß auch bei idealer Konfiguration des Druckreglers mit einer gewissen Anzahl von Über- bzw. Unterschwingungen zu rechnen ist.

Liegt die ermittelte Zahl  $N_{Ab}$ ,  $N_{Auf}$  der Ansteuervorgänge oberhalb des maximal zugelassenen Zahlenwertes  $N_{Ab}^*$ ,  $N_{Auf}^*$ , wird dies auf eine zu starke Ansteuerung des dem Druckauf- bzw. -abbau dienenden Einlaßventils 17,18 bzw. Auslaßventils 27,28 zurückgeführt.

Bei einer durch den beschriebenen Algorithmus detektierten Grenzstabilität des Druckregelkreises durch eine zu starke Ansteuerung eines Ein- oder Auslaßventils, wird die für das betreffende Ventil in der elektronischen Steuereinheit 32 gespeicherte Ansteuercharakteristik  $I(\Delta p)$  nach der folgenden Adaptionsvorschrift durchgeführt:

$$I(\Delta p)^{neu} = I(\Delta p)^{alt} - \Delta I.$$

Die Vorsteuercharakteristik wird somit um einen vorgegebenen Betrag  $\Delta I$  abgesenkt. Dabei bezeichnet  $I(\Delta p)^{alt}$  den Wert der Ansteuercharakteristik  $I(\Delta p)$  im aktuellen Betriebspunkt  $\Delta p$  vor der Durchführung der Adaption, während  $I(\Delta p)^{neu}$  den Wert nach der Adaption bezeichnet.

In Fig. 4 bis 6 ist schließlich ein Druckregler zur Durchführung der erfindungsgemäßen Verfahren dargestellt. Dem dargestellten Druckregler 40, der einen Bestandteil der vorhin erwähnten elektronischen Steuereinheit 32 bildet, werden als Eingangsgrößen Signale zugeführt, die den Druck-Sollwert  $P_{Soll}$ , mit dem eine der Radbremsen 7,8 zu beaufschlagen ist, den Druck-Istwert  $P_{Ist}$ , mit dem eine der Radbremsen 7,8 beaufschlagt ist, sowie den am entsprechenden Druckregelventil anliegenden Differenzdruck  $\Delta p$  repräsentieren. Die Ausgangsgröße des Druckreglers 40 stellt den Sollwert  $I_{Soll}$  bzw.  $U_{Soll}$  des dem elektromagnetisch ansteuerbaren Druckregelventil zuzuführenden elektrischen Stroms bzw. der an das piezoelektrisch ansteuerbare Druckregelventil anzulegenden Spannung dar.

Der in Fig. 4 und 6 dargestellte Druckregler ist insbesondere für die Durchführung des ersten erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet. Wie der Abbildung zu entnehmen ist, wird der vorhin erwähnte Druckregler 40 im wesentlichen durch einen linearen Regler 41, ein Vorsteuermodul 42 sowie ein Korrekturmodul gebildet, das mit dem Bezugszeichen 45 versehen ist. Als Eingangsgröße des linearen Reglers 41 wird eine Regelabweichung  $\Delta P_R$  verwendet, die in einer dem linearen Regler 41 vorgeschalteten Subtraktionsstelle 43 aus dem Druck-Sollwert

$P_{soll}$  sowie dem Druck-Istwert  $P_{Ist}$  gebildet wird, während in einer Additionsstelle 44 zu der Ausgangsgröße  $I_{soll,L}$  bzw.  $U_{soll,L}$  des linearen Reglers 41 die Ausgangsgröße  $I_{soll,V}$  bzw.  $U_{soll,V}$  des Vorsteuermoduls 42 hinzuaddiert wird. Im Korrekturmodul 45 werden die vorhin erwähnten Signale  $P_{Ist}$  und  $\Delta P$  zu einer Korrekturgröße  $K_1$  verarbeitet, der das Verhalten des Vorsteuermoduls 42 im Sinne der vorhin beschriebenen Korrektur bzw. Adaption beeinflusst. Die Korrekturgröße  $K_1$  bewirkt, wie mit dem senkrecht dargestellten Pfeil angedeutet ist, eine Adaption der im Vorsteuermodul 42 abgelegten Vorsteuercharakteristik  $I_{soll,V}$  bzw.  $U_{soll,V}$  an das beobachtete Ventilverhalten. Wie Fig. 6 am Beispiel eines elektromagnetisch ansteuerbaren Druckregelventils zeigt, wird die Vorsteuercharakteristik  $I_{soll,V} = f(\Delta p)$  um den Wert der Korrekturgröße  $K_1$  in dem dargestellten Fall „nach oben“, d.h., zu höheren Stromwerten verschoben.

Der in Fig. 5 dargestellte Druckregler ist insbesondere für die Durchführung des zweiten erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet. Wie der Abbildung zu entnehmen ist, entspricht sein Aufbau im wesentlichen dem des im Zusammenhang mit Fig. 4 und 6 beschriebenen Druckreglers. In seinem Korrekturmodul 46 werden jedoch der Druck-Sollwert  $P_{soll}$ , der Druck-Istwert  $P_{Ist}$  sowie der am zu identifizierenden Druckregelventil anliegende Differenzdruck  $\Delta P$  zu einer Korrekturgröße  $K_2$  verarbeitet, die, wie durch den nach unten gerichteten Pfeil angedeutet wird, im Bedarfsfall eine Absenkung der Vorsteuercharakteristik bewirkt.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Ansteuerung eines elektronisch regelbaren Bremsbetätigungssystems für Kraftfahrzeuge, mit einem drucklosen Druckmittelvorratsbehälter (4), mit mindestens einer durch eine elektronische Steuereinheit (32) ansteuerbaren Druckquelle (20), mit deren Druck Radbremsen (7,8,9,10) des Fahrzeuges beaufschlagbar sind, denen Drucksensoren sowie Druckregelventile (Einlaßventil 17,18; Auslaßventil 27,28) zugeordnet sind, die in Abhängigkeit von dem an ihnen anliegenden Differenzdruck mittels einer elektrischen Größe analog ansteuerbar sind und die die Radbremsen (7 - 10) in einer Druckaufbauphase mit der Druckquelle (20) verbinden, in einer Druckhaltephase geschlossen sind bzw. geschlossen werden und in einer Druckabbauphase die Radbremsen (7 - 10) mit dem Druckmittelvorratsbehälter (4) verbinden, dadurch **gekennzeichnet**, daß die elektrische Größe bei dem zu identifizierenden Druckregelventil (Einlaßventil 17,18; Auslaßventil 27,28) in der Druckhaltephase langsam variiert wird, bis eine erkennbare Druckänderung in der dem Druckregelventil (Einlaßventil 17,18; Auslaßventil 27,28) zugeordneten Radbremse (7,8) erfolgt, wonach eine Korrektur der Abhängigkeit der elektrischen Größe von dem Differenzdruck durchgeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch **gekennzeichnet**, daß die Druckregelventile (Einlaßventil 17,18; Auslaßventil 27,28) als im Ruhezustand geschlossene Ventile ausgeführt sind und daß die Variation der elektrischen Ansteuergröße eine Erhöhung ist, die von einem Wert ausgeht, der unterhalb des Wertes liegt, der für das Öffnen des Druckregelventils

- 20 -

(Einlaßventil 17,18; Auslaßventil 27,28) erforderlich ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch **gekennzeichnet**, daß die dem Druckabbau dienenden Druckregelventile (Auslaßventil 27,28) als im Ruhezustand offene Ventile ausgeführt sind und daß die Variation der elektrischen Ansteuergröße eine Absenkung ist, die von einem Wert ausgeht, der oberhalb des Wertes liegt, der für das Halten des Druckregelventils (Auslaßventil 27,28) im geschlossenen Zustand erforderlich ist.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3 dadurch **gekennzeichnet**, daß die Variation der elektrischen Größe in bestimmten Fahrsituationen erfolgt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3 dadurch **gekennzeichnet**, daß die Variation der elektrischen Größe beim Fahrzeugstillstand bzw. in einem bestimmten Bereich der Fahrzeuggeschwindigkeit erfolgt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3 dadurch **gekennzeichnet**, daß die Variation der elektrischen Größe bei einer geringen Änderungsgeschwindigkeit eines Bremsendruck Sollwertes erfolgt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3 dadurch **gekennzeichnet**, daß die Variation der elektrischen Größe nach einer Mindestdauer der Druckhaltephase erfolgt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7 dadurch **gekennzeichnet**, daß die Variation der elektrischen Ansteuergröße abgebrochen wird, wenn die Differenz aus Soll- und Ist-Druck einen vorgegebenen Toleranzbereich verläßt.

9. Verfahren nach Anspruch 8 dadurch **gekennzeichnet**, daß die Grenzen des Toleranzbereichs in Abhängigkeit von der Fahrzeuggeschwindigkeit festgelegt werden.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9 dadurch **gekennzeichnet**, daß die Druckregelventile (17,18;27,28) als elektromagnetisch ansteuerbare Ventile ausgeführt sind und daß die elektrische Größe ein dem elektromagnetischen Antrieb zuzuführender elektrischer Strom (I) ist.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9 dadurch **gekennzeichnet**, daß die Druckregelventile als piezoelektrisch ansteuerbare Ventile ausgeführt sind und daß die elektrische Größe eine an den Piezoantrieb anzulegende elektrische Spannung (U) ist.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 11 dadurch **gekennzeichnet**, daß der Druckverlauf in der dem Druckregelventil (17,18) zugeordneten Radbremse (7,8) während der Variation der elektrischen Größe zyklisch in einem Zeitfenster ( $T_w$ ) beobachtet wird und jeweils der maximale Druckwert ermittelt wird, der wiederum zur Ermittlung einer Erkennungsschwelle (E) für die Druckänderung am Ausgang des dem Druckaufbau dienenden Druckregelventils (Einlaßventil 17,18) herangezogen wird.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 11 dadurch **gekennzeichnet**, daß der Druckverlauf in der dem Druckregelventil (27,28) zugeordneten Radbremse (7,8) während der Variation der elektrischen Größe zyklisch in einem Zeitfenster ( $T_w$ ) beobachtet wird und jeweils der minimale Druckwert ermittelt wird, der zur Ermittlung einer Erkennungsschwelle (E) für die Druckänderung am Eingang des

dem Druckabbau dienenden Druckregelventils (Auslaßventil 27,28) herangezogen wird.

14. Verfahren nach Anspruch 12 dadurch **gekennzeichnet**, daß eine Erkennungsschwelle  $E$  im Fenster  $i$  gemäß der Formel

$$E = \text{Max}(p) \mid \text{Fenster } (i-1) + \epsilon \text{ festgelegt wird,}$$

wobei  $\epsilon$  ein die Ventilleckage sowie Störungen des den Druckverlauf erfassenden Drucksensors (30,31) berücksichtigender Verfahrensparameter ist.

15. Verfahren nach Anspruch 14 dadurch **gekennzeichnet**, daß beim Überschreiten der Erkennungsschwelle ( $E$ ) durch den Druckwert am Ausgang des Druckregelventils (Einlaßventil 17,18) im Zeitfenster ( $i$ ) auf das Öffnen des Druckregelventils (Einlaßventil 17,18) geschlossen wird.

16. Verfahren nach Anspruch 13 dadurch **gekennzeichnet**, daß eine Erkennungsschwelle  $E$  im Fenster  $i$  gemäß der Formel

$$E = \text{Max}(p) \mid \text{Fenster } (i-1) - \epsilon \text{ festgelegt wird,}$$

wobei  $\epsilon$  ein die Ventilleckage sowie Störungen des den Druckverlauf erfassenden Drucksensors (30,31) berücksichtigender Verfahrensparameter ist.

17. Verfahren nach Anspruch 16 dadurch **gekennzeichnet**, daß beim Unterschreiten der Erkennungsschwelle ( $E$ ) durch den Druckwert am Eingang des Druckregelventils (Auslaßventil 27,28) im Zeitfenster ( $i$ ) auf das Öffnen des Druckregelventils (Auslaßventil 27,28) geschlossen wird.



18. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 17 dadurch **gekennzeichnet**, daß zum Zeitpunkt ( $t_{\text{detekt}}$ ) der Über- bzw. Unterschreitung der Erkennungsschwelle ( $E$ ) durch den Druckwert am Ausgang des dem Druckaufbau dienenden Druckregelventils (Einlaßventil 17,18) bzw. am Eingang des dem Druckabbau dienenden Druckregelventils (Auslaßventil 27,28) ein Zeitpunkt gemäß der Formel

$$t_{\text{reakt}} = t_{\text{detekt}} - \tau$$

berechnet wird, wobei  $\tau$  den zeitlichen Versatz zwischen der durch die Ansteuerung hervorgerufenen Reaktion des Druckregelventils und der Erkennung dieser Reaktion anhand der Druckänderung bezeichnet.

19. Verfahren nach Anspruch 18 dadurch **gekennzeichnet**, daß der zeitliche Versatz ( $\tau$ ) abhängig von einem die Viskosität des Druckmittels charakterisierenden Signals festgelegt wird.
20. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 10 und 12 bis 19 dadurch **gekennzeichnet**, daß die Korrektur der Abhängigkeit des Ansteuerstromes  $I(\Delta p)$  vom Differenzdruck ( $\Delta p$ ) nach der Formel

$$I(\Delta p)^{\text{neu}} = I(\Delta p)^{\text{alt}} \cdot (1-\lambda) + \lambda \cdot I_{\text{reakt}} \quad \text{erfolgt,}$$

wobei  $I_{\text{reakt}}$  den der Druckänderung in der dem Druckregelventil (Einlaßventil 17,18; Auslaßventil 27,28) zugeordneten Radbremse (7,8) entsprechenden Ansteuerstromwert im Zeitpunkt ( $t_{\text{reakt}}$ ),  $I(\Delta p)^{\text{alt}}$  den Wert der Abhängigkeit des Ansteuerstromes  $I(\Delta p)$  vom Differenzdruck ( $\Delta p$ ) im aktuellen Betriebspunkt ( $\Delta p$ ) vor der Durchführung der Korrektur (Adaption) und  $I(\Delta p)^{\text{neu}}$  den Wert der Abhängigkeit des Ansteuerstromes  $I(\Delta p)$  vom

Differenzdruck ( $\Delta p$ ) nach der Durchführung der Korrektur (Adaption) bezeichnen, wobei die Adaptionsrate  $\lambda$  aus dem Intervall  $(0,1]$  zu wählen ist.

21. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 11 bis 19, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Korrektur der Abhängigkeit der anzulegenden Spannung  $U(\Delta p)$  vom Differenzdruck ( $\Delta p$ ) nach der Formel

$$U(\Delta p)^{\text{neu}} = U(\Delta p)^{\text{alt}} \cdot (1-\lambda) + \lambda \cdot U_{\text{reakt}} \quad \text{erfolgt,}$$

wobei  $U_{\text{reakt}}$  den der Druckänderung in der dem Druckregelventil zugeordneten Radbremse entsprechenden Ansteuerspannungswert im Zeitpunkt ( $t_{\text{reakt}}$ ),  $U(\Delta p)^{\text{alt}}$  den Wert der Abhängigkeit der Ansteuerspannung  $U(\Delta p)$  vom Differenzdruck ( $\Delta p$ ) im aktuellen Betriebspunkt ( $\Delta p$ ) vor der Durchführung der Korrektur (Adaption) und  $U(\Delta p)^{\text{neu}}$  den Wert der Abhängigkeit der Ansteuerspannung  $U(\Delta p)$  vom Differenzdruck ( $\Delta p$ ) nach der Durchführung der Korrektur (Adaption) bezeichnen, wobei die Adaptionsrate  $\lambda$  aus dem Intervall  $(0, 1]$  zu wählen ist.

22. Verfahren zur Ansteuerung eines elektronisch regelbaren Bremsbetätigungssystems für Kraftfahrzeuge, mit einem drucklosen Druckmittelvorratsbehälter (4), mit mindestens einer durch eine elektronische Steuereinheit (32) ansteuerbaren Druckquelle (20), mit deren Druck Radbremsen (7,8) des Fahrzeuges beaufschlagbar sind, denen Druckregelventile (Einlaßventil 17,18; Auslaßventil 27,28) zugeordnet sind, die in Abhängigkeit von dem an ihnen anliegenden Differenzdruck mittels einer elektrischen Größe analog ansteuerbar sind und die die Radbremsen (7,8) in einer Druckaufbauphase mit der Druckquelle (20) verbinden, in einer Druckhaltephase geschlossen sind bzw. geschlossen

werden und in einer Druckabbauphase die Radbremsen (7,8) mit dem Druckmittelvorratsbehälter (4) verbinden, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Häufigkeit der Ansteuervorgänge der Druckregelventile (Einlaßventil 17,18; Auslaßventil 27,28) ermittelt und nach Maßgabe eines in den Radbremsen (7,8) einzusteuernenden Sollruckverlaufs zur Korrektur (Absenkung) der Abhängigkeit der elektrischen Größe (I,U) von dem Differenzdruck ( $\Delta p$ ) herangezogen wird.

23. Verfahren nach Anspruch 22 dadurch **gekennzeichnet**, daß während einer Druckanstiegsphase des Solldruckverlaufs der Dauer ( $T_{\text{Auf}}$ ) die Zahl ( $N_{\text{Ab}}$ ) der Ansteuervorgänge des dem Druckabbau dienenden Druckregelventils (Auslaßventil 27,28) ermittelt wird, und daß beim Überschreiten eines Schwellenwertes auf eine zu starke Ansteuerung des dem Druckaufbau dienenden Druckregelventils (Einlaßventil 17,18) geschlossen wird.
24. Verfahren nach Anspruch 22 dadurch **gekennzeichnet**, daß während einer Druckabfallphase des Solldruckverlaufs der Dauer ( $T_{\text{Ab}}$ ) die Zahl ( $N_{\text{Auf}}$ ) der Ansteuervorgänge des dem Druckaufbau dienenden Druckregelventils (Einlaßventil 17,18) ermittelt wird, und daß beim Überschreiten eines Schwellenwertes auf eine zu starke Ansteuerung des dem Druckabbau dienenden Druckregelventils (Auslaßventil 27,28) geschlossen wird.
25. Verfahren nach Anspruch 23 oder 24 dadurch **gekennzeichnet**, daß die ermittelte Zahl ( $N_{\text{Ab}}, N_{\text{Auf}}$ ) mit einem maximal zugelassenen Zahlenwert ( $N_{\text{Ab}}^*, N_{\text{Auf}}^*$ ) verglichen wird, der nach der Formel

$$N_{\text{Ab}}^* = f_B \cdot T_{\text{Auf}} \text{ bzw. } N_{\text{Auf}}^* = f_B \cdot T_{\text{Ab}} \text{ gebildet wird,}$$

wobei  $f_b$  eine maximal zugelassene Ansteuerungsfrequenz und  $T_{Auf}$ ,  $T_{Ab}$  die Dauer der Druckaanstiegs- bzw. -abfallphase bezeichnen,

und daß beim Überschreiten des maximal zugelassenen Zahlenwertes ( $N_{Ab}^*$ ,  $N_{Auf}^*$ ) auf eine zu starke Ansteuerung des dem Druckauf- bzw. -abbau dienenden Druckregelventils (Einlaßventil 17,18, Auslaßventil 27,28) geschlossen wird.

26. Verfahren nach Anspruch 22 bis 25 dadurch **gekennzeichnet**, daß die Druckregelventile (17,18;27,28) als elektromagnetisch ansteuerbare Ventile ausgeführt sind und daß die elektrische Größe ein dem elektromagnetischen Antrieb zuzuführender elektrischer Strom ist.
27. Verfahren nach Anspruch 22 bis 25 dadurch **gekennzeichnet**, daß die Druckregelventile als piezoelektrisch ansteuerbare Ventile ausgeführt sind und daß die elektrische Größe eine an den Piezoantrieb anzulegende elektrische Spannung ist.
28. Verfahren nach Anspruch 25 und 26, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Korrektur der Abhängigkeit des Ansteuerstromes  $I(\Delta p)$  vom Differenzdruck ( $\Delta p$ ) nach der Formel

$$I(\Delta p)^{neu} = I(\Delta p)^{alt} - \Delta I \text{ erfolgt,}$$

wobei  $I(\Delta p)^{alt}$  den Wert der Abhängigkeit des Ansteuerstromes  $I(\Delta p)$  vom Differenzdruck ( $\Delta p$ ) im aktuellen Betriebspunkt ( $\Delta p$ ) vor der Durchführung der Korrektur (Absenkung) und  $I(\Delta p)^{neu}$  den Wert der Abhängigkeit des Ansteuerstromes  $I(\Delta p)$  vom Differenzdruck ( $\Delta p$ ) nach der Durchführung der Korrektur (Absenkung) bezeichnen.

29. Verfahren nach Anspruch 25 und 27 dadurch **gekennzeichnet**, daß die Korrektur der Abhängigkeit der anzulegenden Spannung  $U(\Delta p)$  vom Differenzdruck  $(\Delta p)$  nach der Formel

$$U(\Delta p)^{neu} = U(\Delta p)^{alt} - \Delta U \text{ erfolgt,}$$

wobei  $U(\Delta p)^{alt}$  den Wert der Abhängigkeit der Ansteuerspannung  $U(\Delta p)$  vom Differenzdruck  $(\Delta p)$  im aktuellen Betriebspunkt  $(\Delta p)$  vor der Durchführung der Korrektur (Absenkung) und  $U(\Delta p)^{neu}$  den Wert der Abhängigkeit der Ansteuerspannung  $U(\Delta p)$  vom Differenzdruck  $(\Delta p)$  nach der Durchführung der Korrektur (Absenkung) bezeichnen.

30. Regelsystem zur Durchführung des Verfahrens zur Ansteuerung eines elektronisch regelbaren Bremsbetätigungssystems nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch **gekennzeichnet**, daß ein Druckregler (40) vorgesehen ist, dem als Eingangsgrößen ein Druck-Sollwert ( $P_{Soll}$ ), mit dem eine der Radbremsen (7,8) des Fahrzeuges zu beaufschlagen ist, ein Druck-Istwert ( $P_{Ist}$ ), mit dem eine der Radbremsen (7,8) des Fahrzeuges beaufschlagt ist, sowie der an dem betrachteten Druckregelventil (17,18;27,28) anliegende hydraulische Differenzdruckwert  $(\Delta p)$  zugeführt werden und dessen Ausgangsgröße der Sollwert ( $I_{Soll}$  bzw.  $U_{Soll}$ ) der zur Ansteuerung des Druckregelventils (17,18;27,28) verwendeten elektrischen Größe ist, und daß Mittel (45,46) zur Korrektur (Adaption) der Abhängigkeit der elektrischen Größe ( $I$  bzw.  $U$ ) von dem Differenzdruckwert  $(\Delta p)$  vorgesehen sind.
31. Regelsystem nach Anspruch 30 dadurch **gekennzeichnet**, daß der Druckregler (40) aus einem linearen Regler (41), einem Vorsteuermodul (42) sowie einem Korrekturmodul (45,46)

besteht, wobei dem linearen Regler (41) als Eingangsgröße die aus Druck-Sollwert ( $P_{\text{Soll}}$ ) und Druck-Istwert ( $P_{\text{Ist}}$ ) gebildete Regelabweichung ( $\Delta P_R$ ) zugeführt wird, während dem Vorsteuermodul (42) ein den an dem betrachteten Druckregelventil (17,18;27,28) anliegenden hydraulischen Differenzdruck ( $\Delta p$ ) repräsentierendes Signal zugeführt wird, wobei das Vorsteuermodul (42) einen Vorsteuerwert ( $I_{\text{Soll,V}}; U_{\text{Soll,V}}$ ) der zur Ansteuerung des Druckregelventils (17,18;27,28) verwendeten elektrischen Größe ( $I, U$ ) erzeugt, der dem Öffnungspunkt des Druckregelventils (17,18;27,28) entspricht und der zu der Ausgangsgröße ( $I_{\text{Soll,L}}; U_{\text{Soll,L}}$ ) des linearen Reglers (41) zur Bildung des Sollwerts ( $I_{\text{Soll}}, U_{\text{Soll}}$ ) der zur Ansteuerung des Druckregelventils (17,18;27,28) verwendeten elektrischen Größe hinzuaddiert wird und wobei dem Korrekturmodul (45,46) als Eingangsgrößen der Druck-Istwert ( $P_{\text{Ist}}$ ) sowie der an dem betrachteten (zu identifizierenden) Druckregelventil anliegende Differenzdruck ( $\Delta p$ ) zugeführt werden und dessen Ausgangsgröße ( $K_1, K_2$ ) das Verhalten des Vorsteuermoduls (42) beeinflußt.

32. Regelsystem nach Anspruch 31 zur Durchführung des Verfahrens zur Ansteuerung eines elektronisch regelbaren Bremsbetätigungssystems nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 21 dadurch **gekennzeichnet**, daß die Ausgangsgröße ( $K_1$ ) des Korrekturmoduls (45) als Differenz:

$$K_1 = I(\Delta p)^{\text{neu}} - I(\Delta p)^{\text{alt}} \text{ bzw.}$$

$$K_1 = U(\Delta p)^{\text{neu}} - U(\Delta p)^{\text{alt}} \quad \text{definiert ist, wobei}$$

$I(\Delta p)^{\text{alt}}$  bzw.  $U(\Delta p)^{\text{alt}}$  den Wert der Abhängigkeit der elektrischen Ansteuergröße  $I(\Delta p)$  bzw.  $U(\Delta p)$  vom Differenzdruck ( $\Delta p$ ) im aktuellen Betriebspunkt ( $\Delta p$ ) vor

der Durchführung der Korrektur (Adaption) und  $I(\Delta p)^{neu}$  bzw.  $U(\Delta p)^{neu}$  den Wert der elektrischen Ansteuergröße  $I(\Delta p)$  bzw.  $U(\Delta p)$  vom Differenzdruck  $(\Delta p)$  nach der Durchführung der Korrektur (Adaption) bezeichnen.

33. Regelsystem nach Anspruch 31 zur Durchführung des Verfahrens zur Ansteuerung eines elektronisch regelbaren Bremsbetätigungssystems nach einem der vorhergehenden Ansprüche 18 bis 24 dadurch **gekennzeichnet**, daß dem Korrekturmodul (46) zusätzlich als Eingangsgröße der Druck-Sollwert ( $P_{soll}$ ) zugeführt wird und daß seine Ausgangsgröße  $K_2 = -\Delta I$  aus dem Vergleich der ermittelten Zahl der Ansteuervorgänge ( $N_{Ab}, N_{Auf}$ ) mit einem maximal zugelassenen Zahlenwert ( $N_{Ab}^*, N_{Auf}^*$ ) abgeleitet wird, wobei beim Überschreiten des maximal zugelassenen Zahlenwertes ( $N_{Ab}^*, N_{Auf}^*$ ) die Abhängigkeit der elektrischen Größe abgesenkt wird.

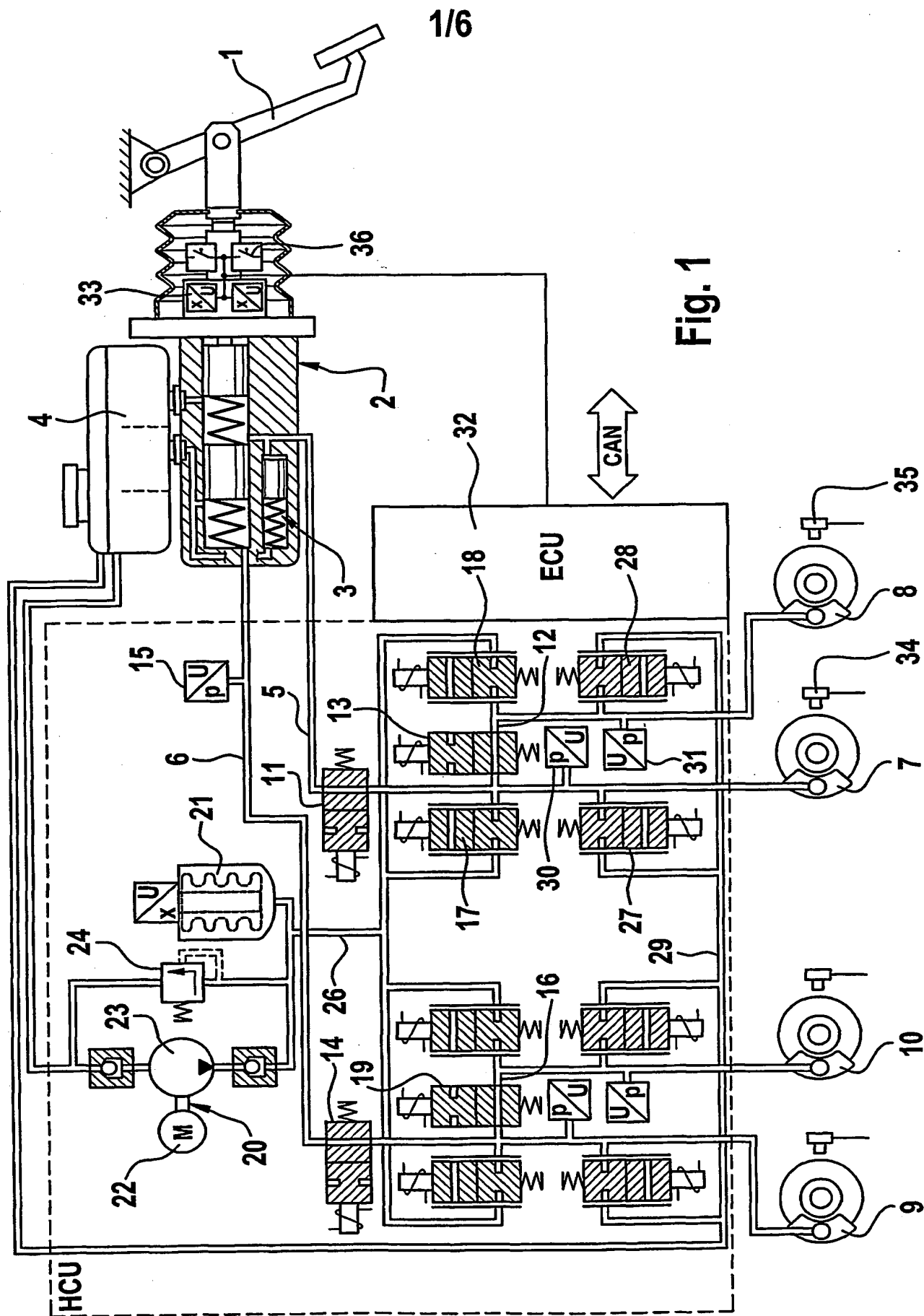
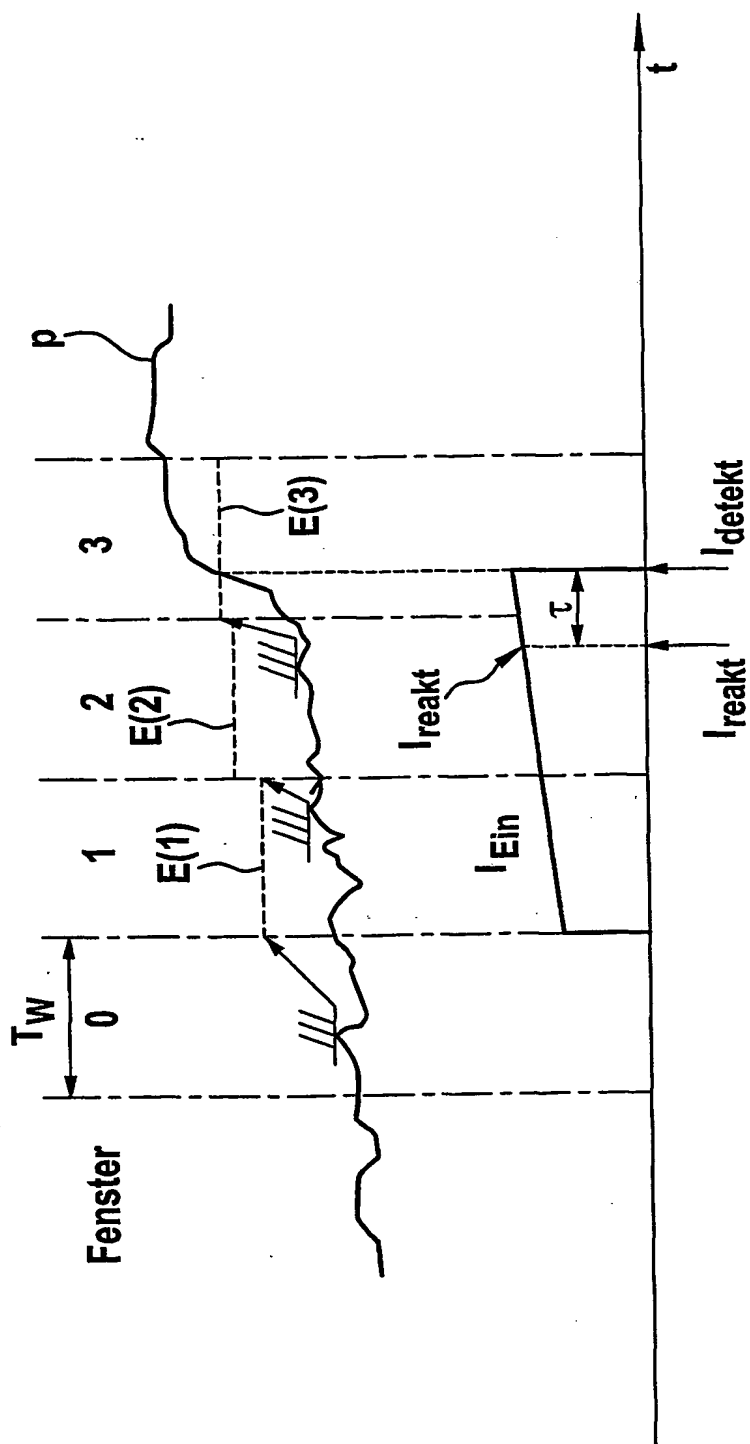


Fig. 1



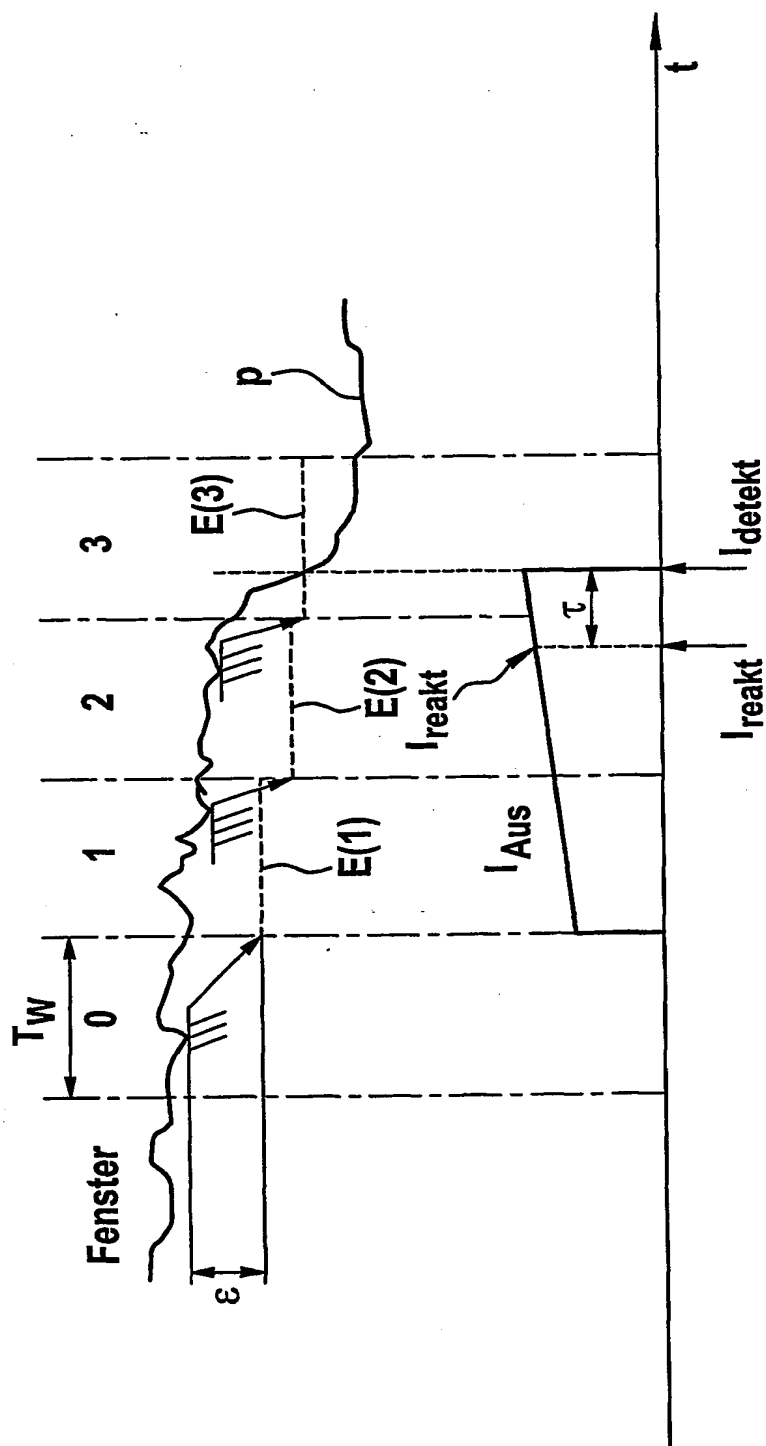
2/6

Fig. 2



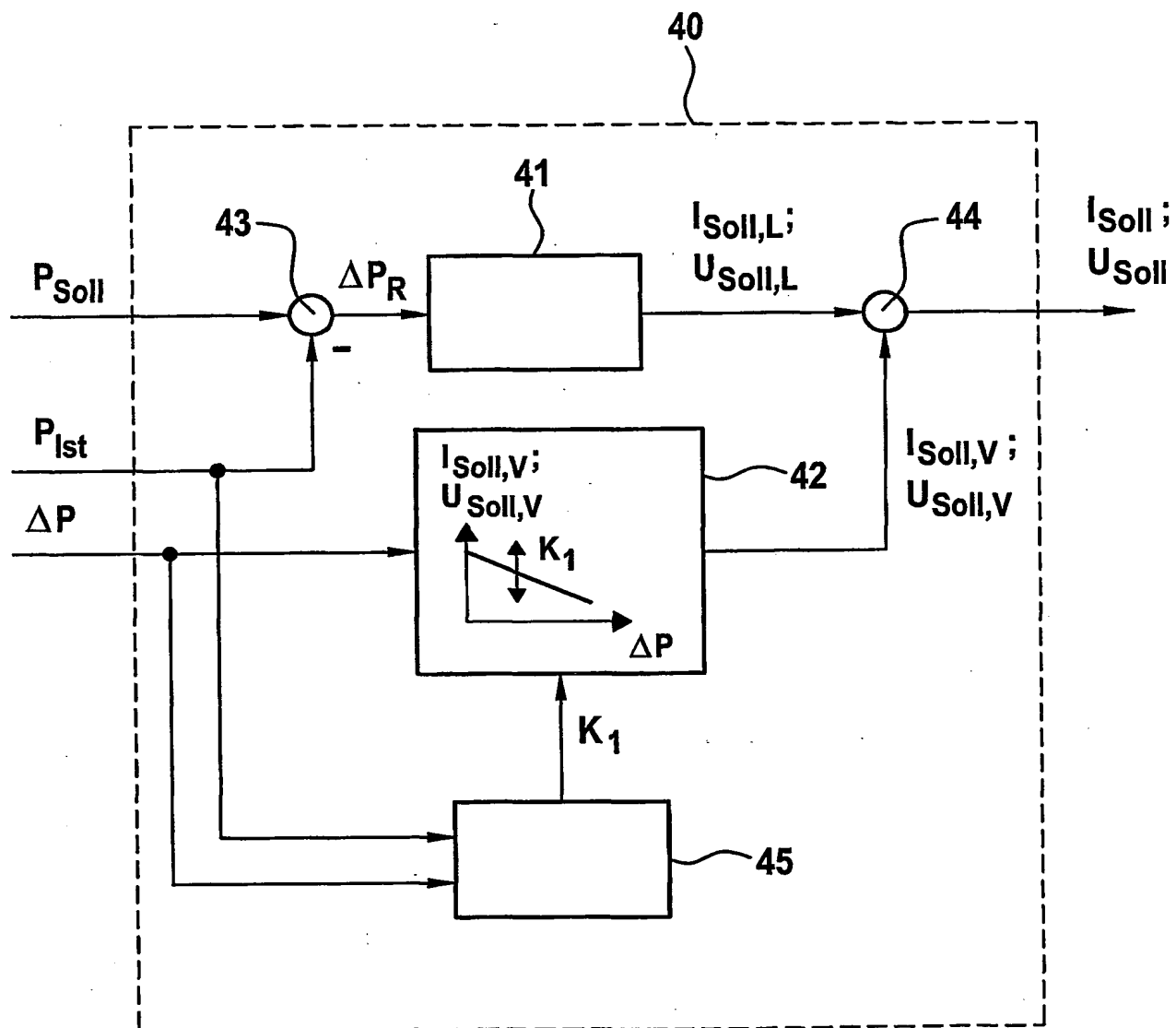
3/6

Fig. 3



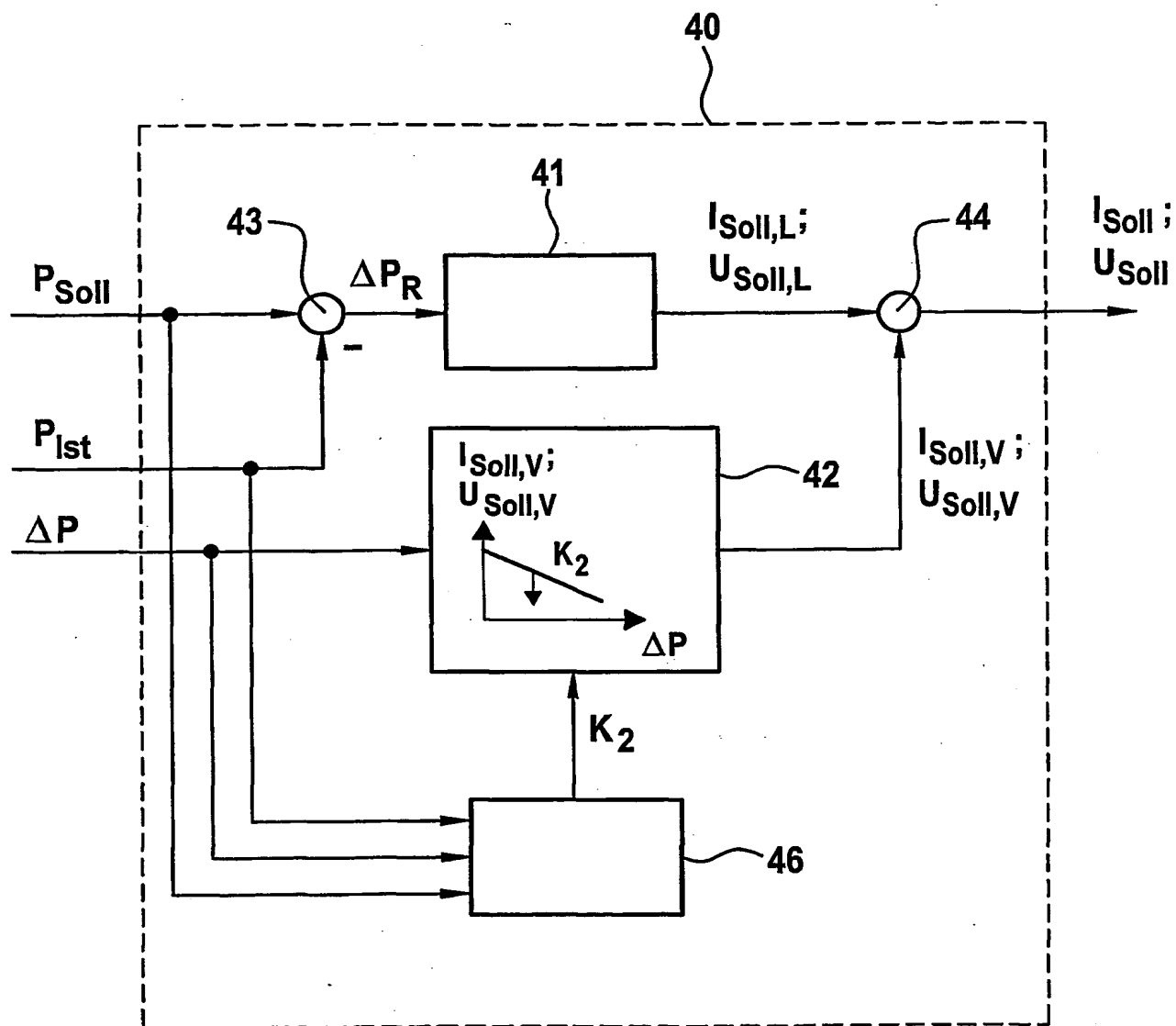
4/6

Fig. 4



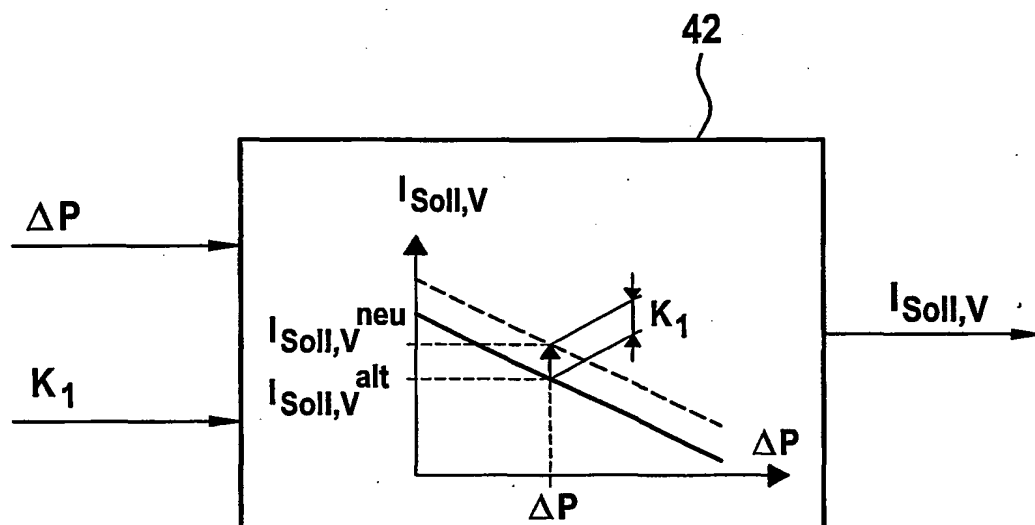
5/6

Fig. 5



6/6

Fig. 6



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 01/11162

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B60T8/36 B60T13/68 G05D16/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B60T G05D F15B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| X          | DE 198 48 960 A (BOSCH GMBH ROBERT)<br>27 April 2000 (2000-04-27)<br>column 2, line 64 -column 7, line 44;<br>figure 2    | 30-32                 |
| A          | ---   | 1,22                  |
| X          | DE 197 07 960 A (BOSCH GMBH ROBERT)<br>3 September 1998 (1998-09-03)<br>figures 1,2                                       | 30                    |
| X          | EP 0 982 207 A (TOYOTA MOTOR CO LTD)<br>1 March 2000 (2000-03-01)<br>page 28, line 54 -page 39, line 24;<br>figures 20-35 | 30                    |
|            | ---<br>-/-  |                       |

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 January 2002

Date of mailing of the international search report

23/01/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Marx, W

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte:      ii Application No

PCT/EP 01/11162

| C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT |  |                       |
|--|--|-----------------------|
| Category *   | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
| P, A   | EP 1 055 576 A (BOSCH GMBH ROBERT)<br>29 November 2000 (2000-11-29)<br>column 5, line 9 -column 5, line 38;<br>figure 1<br>----- | 1-33                  |
| A  | DE 44 28 929 A (WABCO GMBH)<br>22 February 1996 (1996-02-22)<br>column 4, line 10 -column 7, line 40;<br>figure 5<br>-----       | 1-33                  |
| A  | US 5 566 703 A (ENGELMAN GERALD H ET AL)<br>22 October 1996 (1996-10-22)<br>abstract<br>-----                                    | 11,21,<br>27,29       |

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 01/11162

| Patent document<br>cited in search report |   | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date |
|---|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| DE 19848960                               | A | 27-04-2000          | DE 19848960 A1             | 27-04-2000          |
|   |   |                     | JP 2000127929 A            | 09-05-2000          |
| DE 19707960                               | A | 03-09-1998          | DE 19707960 A1             | 03-09-1998          |
|   |   |                     | JP 10236292 A              | 08-09-1998          |
|   |   |                     | US 6030055 A               | 29-02-2000          |
| EP 0982207                                | A | 01-03-2000          | JP 2000071973 A            | 07-03-2000          |
|   |   |                     | JP 2000095094 A            | 04-04-2000          |
|   |   |                     | CN 1250729 A               | 19-04-2000          |
|   |   |                     | EP 0982207 A2              | 01-03-2000          |
|   |   |                     | JP 2000159094 A            | 13-06-2000          |
| EP 1055576                                | A | 29-11-2000          | DE 19923689 A1             | 23-11-2000          |
|   |   |                     | EP 1055576 A2              | 29-11-2000          |
|   |   |                     | JP 2000344073 A            | 12-12-2000          |
| DE 4428929                                | A | 22-02-1996          | DE 4428929 A1              | 22-02-1996          |
|   |   |                     | DE 59505419 D1             | 29-04-1999          |
|   |   |                     | EP 0697317 A1              | 21-02-1996          |
|   |   |                     | JP 8058566 A               | 05-03-1996          |
|   |   |                     | US 5782541 A               | 21-07-1998          |
| US 5566703                                | A | 22-10-1996          | US 5445185 A               | 29-08-1995          |
|   |   |                     | US 5267589 A               | 07-12-1993          |
|   |   |                     | DE 69408166 D1             | 26-02-1998          |
|   |   |                     | DE 69408166 T2             | 30-07-1998          |
|   |   |                     | EP 0733006 A1              | 25-09-1996          |
|   |   |                     | ES 2114732 T3              | 01-06-1998          |
|   |   |                     | WO 9515873 A1              | 15-06-1995          |
|   |   |                     | JP 9507899 T               | 12-08-1997          |
|   |   |                     | DE 69400414 D1             | 02-10-1996          |
|   |   |                     | EP 0619210 A2              | 12-10-1994          |
|   |   |                     | JP 6323457 A               | 25-11-1994          |



## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 01/11162

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 B60T8/36 B60T13/68 G05D16/20

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 B60T G05D F15B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                                | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|---|--------------------|
| X          | DE 198 48 960 A (BOSCH GMBH ROBERT)<br>27. April 2000 (2000-04-27)<br>Spalte 2, Zeile 64 -Spalte 7, Zeile 44;<br>Abbildung 2      | 30-32              |
| A          | ---   | 1,22               |
| X          | DE 197 07 960 A (BOSCH GMBH ROBERT)<br>3. September 1998 (1998-09-03)<br>Abbildungen 1,2  | 30                 |
| X          | EP 0 982 207 A (TOYOTA MOTOR CO LTD)<br>1. März 2000 (2000-03-01)<br>Seite 28, Zeile 54 -Seite 39, Zeile 24;<br>Abbildungen 20-35 | 30                 |
|            | ---   |                    |
|            | -/-   |                    |



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

14. Januar 2002

Abschließungsdatum des internationalen Recherchenberichts

23/01/2002

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Beauftragter

Marx, W

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationale Aktenzeichen  
 PCT/EP 01/11162

| C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN |   |                    |
|--|---|--------------------|
| Kategorie*   | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                            | Betr. Anspruch Nr. |
| P,A  | EP 1 055 576 A (BOSCH GMBH ROBERT)<br>29. November 2000 (2000-11-29)<br>Spalte 5, Zeile 9 -Spalte 5, Zeile 38;<br>Abbildung 1 | 1-33               |
| A  | DE 44 28 929 A (WABCO GMBH)<br>22. Februar 1996 (1996-02-22)<br>Spalte 4, Zeile 10 -Spalte 7, Zeile 40;<br>Abbildung 5        | 1-33               |
| A  | US 5 566 703 A (ENGELMAN GERALD H ET AL)<br>22. Oktober 1996 (1996-10-22)<br>Zusammenfassung                                  | 11,21,<br>27,29    |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung, die zur selben Patentfamilie gehören

Intern; es Aktenzeichen

PCT/EP 01/11162

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie  | Datum der<br>Veröffentlichung  |
|--|-------------------------------|--|--|
| DE 19848960 A                                      | 27-04-2000                    | DE 19848960 A1<br>JP 2000127929 A  | 27-04-2000<br>09-05-2000   |
| DE 19707960 A                                      | 03-09-1998                    | DE 19707960 A1<br>JP 10236292 A<br>US 6030055 A  | 03-09-1998<br>08-09-1998<br>29-02-2000   |
| EP 0982207 A                                       | 01-03-2000                    | JP 2000071973 A<br>JP 2000095094 A<br>CN 1250729 A<br>EP 0982207 A2<br>JP 2000159094 A   | 07-03-2000<br>04-04-2000<br>19-04-2000<br>01-03-2000<br>13-06-2000   |
| EP 1055576 A                                       | 29-11-2000                    | DE 19923689 A1<br>EP 1055576 A2<br>JP 2000344073 A   | 23-11-2000<br>29-11-2000<br>12-12-2000   |
| DE 4428929 A                                       | 22-02-1996                    | DE 4428929 A1<br>DE 59505419 D1<br>EP 0697317 A1<br>JP 8058566 A<br>US 5782541 A   | 22-02-1996<br>29-04-1999<br>21-02-1996<br>05-03-1996<br>21-07-1998   |
| US 5566703 A                                       | 22-10-1996                    | US 5445185 A<br>US 5267589 A<br>DE 69408166 D1<br>DE 69408166 T2<br>EP 0733006 A1<br>ES 2114732 T3<br>WO 9515873 A1<br>JP 9507899 T<br>DE 69400414 D1<br>EP 0619210 A2<br>JP 6323457 A | 29-08-1995<br>07-12-1993<br>26-02-1998<br>30-07-1998<br>25-09-1996<br>01-06-1998<br>15-06-1995<br>12-08-1997<br>02-10-1996<br>12-10-1994<br>25-11-1994 |

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**